

Caracterización clastométrica de los depósitos detríticos de cabecera de arroyos en el Sistema Central: influencia de la litología del área fuente

Grain size characteristics of head stream deposits (Central System, Spain): influence of source area lithology

Marta Palomares (*), Amparo Tortosa (*) y José Arribas (*)

PALABRAS CLAVE: Sedimentación actual, distribución clastométrica, Sistema Central, procedencia de arenas.

KEY WORDS: Modern sedimentation, size distribution populations, Central System, sand provenance.

RESUMEN

Se caracterizan texturalmente los depósitos detríticos actuales generados en las zonas de cabecera de arroyos que drenan macizos constituidos por una única litología (granítica, gnéissica o pizarroso-esquistosa) en el Sistema Central. Dicha caracterización se basa en el análisis de las distribuciones clastométricas realizadas a partir de intervalos de tamaños de grano comprendidos entre 5,65 mm y 0,062 mm.

Las distribuciones se caracterizan por presentar una o varias poblaciones, siendo la población transportada por saltación la más importante cuantitativamente. Las poblaciones transportadas por tracción y suspensión solamente están presentes en algunas muestras. Se han podido establecer los límites que separan cada una de las poblaciones, así las poblaciones de tamaños de grano inferiores a 0,27 mm han sido transportadas en suspensión y las de tamaños superiores a 1,5 mm lo han hecho por tracción.

Por otra parte mediante los parámetros estadísticos de Md, So y Sk (mediana, selección y asimetría, respectivamente) es posible diferenciar entre depósitos de origen granítico, gnéissico y pizarroso-esquistoso. Los sedimentos de origen granítico poseen una mediana de 1,49 mm, selección «moderada» ($So = 1,63$) y asimetría, en general, hacia tamaños gruesos ($Sk = 0,92$). Los depósitos de origen gnéissico poseen una mediana baja ($Md = 1,3$ mm), selección «pobre» ($So = 2,23$) y asimetría hacia tamaños finos ($Sk = 1,1$); mientras que los depósitos de origen pizarroso-esquistoso poseen una mediana alta ($Md = 4,47$ mm), selección «muy pobre» ($So = 2,45$) y asimetría hacia tamaños gruesos ($Sk = 0,98$).

Como conclusiones, cabe destacar que aparte de los factores que clásicamente se han venido considerando como determinantes de la morfología de las distribuciones clastométricas de los depósitos detríticos (medio de transporte y sedimentación), la litología del área fuente incide directamente en dicha morfología en sedimentos generados bajo condiciones de corto periodo de transporte y alta energía del mismo.

De este modo, se abre una nueva vía de estudio para la caracterización litológica del área fuente en depósitos antiguos originados bajo condiciones similares a los analizados en el trabajo.

(*) Departamento de Petrología y Geoquímica de la UCM, 28040 Madrid.

ABSTRACT

In this work we have analyzed the textural properties of modern detrital deposits collected on head stream of the Central System (Spain). The source areas are single lithology (granitic, gneissic or slate-schistic). The textural analysis is based on cumulative curves of grain size distributions between 5.65 mm and 0.062 mm.

These distributions are composed by one or several populations. The main population is transported by saltation, while suspension and traction are represented only in some samples.

We bear in mind that grain with size less than 0.27 mm are included in suspension population. Traction population is constituted by grains of more than 1,5 mm in size.

On the other hand, the analysis of statistical parameters (median, sorting and skewness) permits us to discriminate between granitic, gneissic and slate-schistic source deposits. The granitic source sediments have $Md = 1.49$ mm, «moderate» sorting ($So = 1.63$ mm) and skewness towards coarse sizes ($Sk = 0.92$). The gneissic source deposits have $Md = 1.3$ mm, «poor» sorting ($So = 2.23$) and skewness towards fine sizes ($Sk = 1.1$); however the slate-schistic source deposits have high median ($Md = 4.47$ mm), «very poor» sorting ($So = 2.45$) and skewness towards coarse sizes ($Sk = 0.98$).

We conclude that the source area lithology falls most heavily on morphology of grain size distributions than sedimentary environments, in deposits generated on head streams (high energy and limited transport).

Thus a new way of analyzing data concerning the lithological characterization of source area in old deposits originated in these environments, is open.

1. INTRODUCCIÓN

Clásicamente, en los estudios de depósitos detríticos se han venido utilizando las diferentes características texturales de los mismos para deducir aspectos relacionados con el medio de transporte y sedimentación. Los análisis de las distribuciones de poblaciones basados en el tamaño de los clastos han sido empleados de forma sistemática.

En esta línea de trabajo, los estudios de DOEGLAS (1946) e INMAN (1949) son quizás los primeros que analizan la influencia de los mecanismos de transporte sobre las distribuciones clastométricas de los depósitos. Posteriormente VISHNER (1969), relacionando los distintos mecanismos de transporte (tracción, saltación y suspensión) con los medios de sedimentación, realiza un intento de caracterización de dichos medios en base a la morfología de las representaciones clastométricas.

Otros autores, basados en estos datos texturales llegan a deducir distintos parámetros relacionados con las condiciones hidráulicas en ambientes fluviales, como son la velocidad crítica de arrastre, velocidad de decantación, caudal, anchura y profundidad del cauce, etc. (MIDDLETON, 1976; VIARD & BREYER, 1979; ESCHNER & KIRCHER, 1984; entre otros).

Si bien los trabajos mencionados hacen hincapié en las condiciones hidráulicas del medio de transporte y sedimentación, no existen en la bibliografía trabajos donde se analice en profundidad la influencia de la litología del área fuente ni de su forma de alteración (condicionada por el clima) sobre las distribuciones clastométricas. Además, son escasas las referencias bibliográficas sobre depósitos actuales inmaduros próximos al área fuente.

El objetivo de este estudio es, por un lado, la caracterización textural de los depósitos detríticos actuales de cabecera de arroyos que drenan macizos con una única litología en el Sistema Central; y, por otro, individualizar el factor litológico del resto de los factores que inciden directamente sobre las distribuciones clastométricas para de este modo, poder valorar su influencia en dichas distribuciones.

Este trabajo forma parte de una línea de investigación sobre la caracterización de depósitos arenosos actuales como base para el análisis de procedencia de depósitos antiguos que se viene desarrollando en el Departamento de Petrología y Geoquímica de la Universidad Complutense de Madrid.

2. METODOLOGÍA

Se han escogido cuencas de recepción que drenan áreas constituidas por una única litología. Con esta medida se evita la contaminación o mezcla de otros depósitos de origen diferente, obligándonos así a realizar los muestreos en la cabecera de los arroyos. De esta forma se puede estudiar aisladamente el parámetro litológico y observar su posible influencia sobre las características texturales de los depósitos.

Dichas cuencas de recepción están situadas en macizos de naturaleza granitoide: La Pedriza (P), Peña del Hombre (PH), La Enebrosilla (EN), Los Rosados (RO), El Canto del Fraile (F), El Quintanar (Q), El Jornillo (J) y El Sobaquillo (SO); otros de litología gnéssica: El Cerro de San Pedro (CSP), La Mujer Muerta (MM), El Purgatorio (VP) y Prado Redondo (CO); y por último, otros de litologías pizarroso-esquistosas: Morequero (U) y Prádena de Atienza (RE y VL) (Fig. 1).

Por lo que se refiere a las condiciones climáticas, la zona de estudio se enmarca dentro de un ambiente fundamentalmente semiárido con precipitaciones anuales comprendidas entre 500 y 800 mm y temperaturas medias anuales entre 6 y 14° C (CASADO *et al.*, 1980).

Se recogieron un total de 41 muestras, de las cuales 22 son de procedencia granítica, 11 gnéssica y 8 pizarroso-esquistosa. Los macizos donde se realizó el muestreo, la litología de los mismos, la localización de las muestras y la pendiente del arroyo se resumen en la Tabla I, basado en los datos de ÁLVARO *et al.* (1981); APARICIO & GALÁN (1980); APARICIO (1983); CAPOTE & FERNÁNDEZ CASALS (1975); CASILLAS & PEINADO (1987); FERNÁNDEZ CASALS & CAPOTE (1971); IGME (1959); IGME (1981); IGME (1982); LÓPEZ RUIZ *et al.* (1975); NAVIDAD & PEINADO (1981); OCHOA RUIZ DE ZUAZO (1962); TORNOS (1981) y VILLASECA (1984), entre otros.

Las muestras se tomaron en arroyos con diferentes grados de pendiente (Tabla I) y esorrentía. El muestreo del depósito se llevó a cabo bajo lámina de agua y sobre el lecho del arroyo, evitando las zonas de márgenes por la posible contaminación con productos edáficos. Cada muestra fue recogida sobre una única forma positiva del lecho (dunas o barras). Este tipo de muestreo lleva consigo el lavado parcial de la fracción arcillosa del depósito por lo que no se ha tenido en cuenta en este estudio la fracción inferior a 0,062 mm, siendo totalmente eliminada por lavado en el laboratorio.

Las muestras recogidas se separaron por tamizado en trece fracciones de tamaño $\frac{1}{2}$ phi entre 5,65 mm y 0,062 mm, utilizándose de 1 a 2 Kg por muestra. Sobre los valores en peso de las diferentes fracciones separadas se calculó su porcentaje respecto a la muestra total. Las distribuciones clastométricas de las muestras se han analizado utilizando las frecuencias acumuladas, representadas sobre escala probabilística.

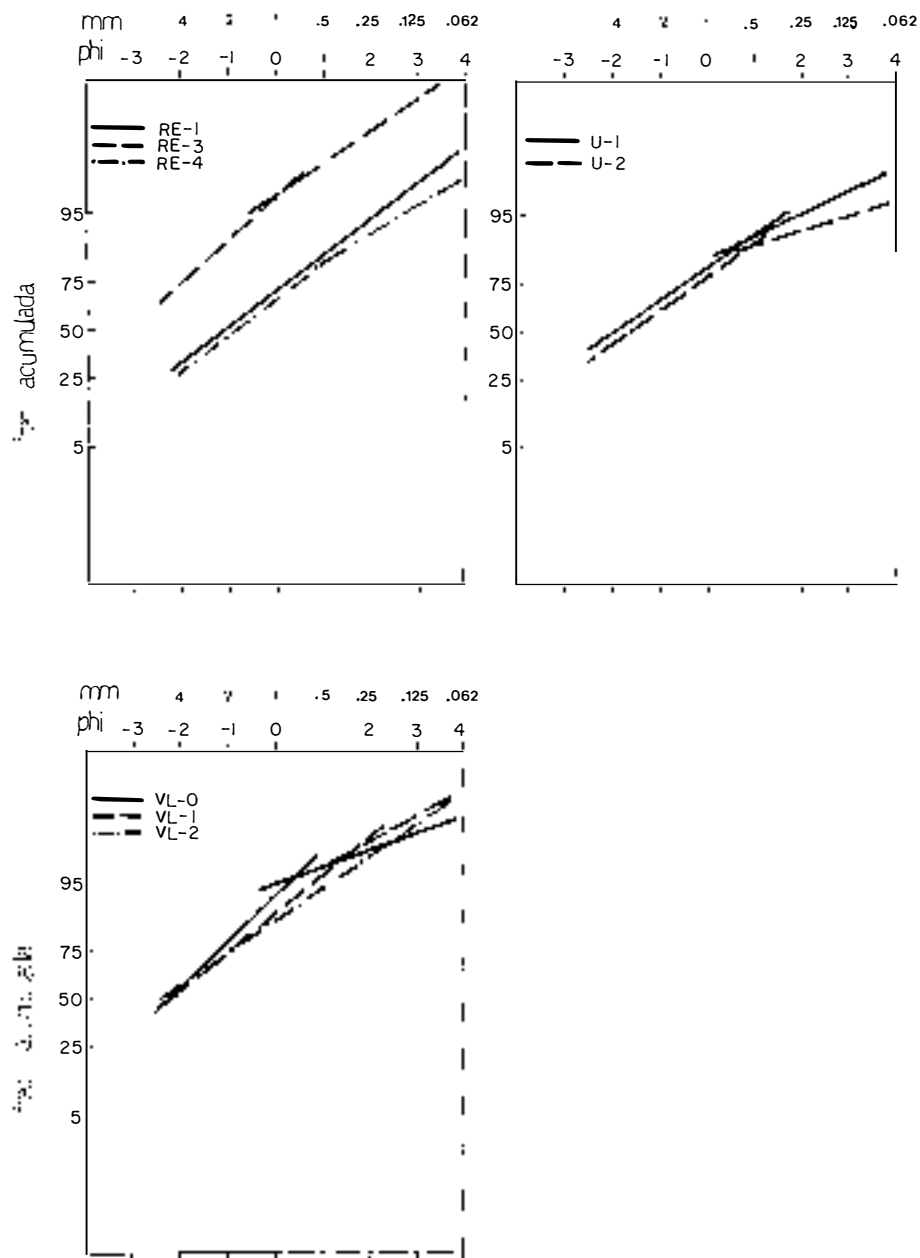


Fig. 2.—Distribución clastométrica de los depósitos de procedencia pizarroso-esquistosa (RE, U y VL).

Fig. 2.—Grain size distribution of deposits of slate-schist parentage (RE, U and VL).

Tabla I.—Relación de muestras, litología de los macizos y arroyos con sus valores de pendiente.

Table I.—Relation of samples, massif and its litology, stream and its slope.

| Muestras | Macizos: Litología | Arroyos (Pendiente) |
|----------------|--|--|
| P-1,2,3 y 4 | La Pedriza: Leucogranito biotítico de grano grueso a muy grueso. | De la Majadilla (10'2°) |
| PH-1,2,3,4 y 5 | Peña del Hombre: Granito de grano grueso muy homogéneo. | De la Beceda (11'3°) |
| EN-1,2,3 y 4 | La Enebrosilla: Adamellitas de grano medio a grueso. | perpen. al Río Sotillos (6'5°) |
| Q-1, 2 y 3 | El Quintanar: Leucogranito biotítico de grano medio a fino | Del Quintanar (11'2°) |
| RO-1 y 2 | Los Rosados: Leucogranito pegmatítico | perpen. al Río Sotillos (10'7°) |
| F-1 y 2 | El Canto del Fraile: Adamellita porfídica | perpen. al A° Valdellido (10'2°) |
| J-1 | El Jornillo: Adamellitas | perpen. al Río Alberche (6'8°) |
| SO-1 | El Sobaquillo: Granodiorita foliada | De la Almenara (13'5°) |
| CSP-1 y 2 | Cerro de San Pedro: Gneis glandular de grano grueso | De los Cantos (9'1°) |
| CSP-3 | | Valdesalices (2'9°) |
| MM-1,2 y 3 | Mujer Muerta: Leucogneis de grano fino a medio. | Milanillos (12'9°) |
| MM-4 | | Madrones (5'7°) |
| VP-1 y 2 | El Pulgatorio: Gneis ocelar grueso | perpen. al A° Angostura (12'9°) |
| CO-1 y 2 | Prado Redondo: Gneis glandular de tamaño grueso | paral. a carretera Hiendelaencina-Congostrina (3'4°) |
| U-1 y 2 | Morequero: Alternancia de capas cuarcíticas y pizarroso-esquistosas. | paral. al A° Vallejos (12'9°) |
| RE-1,3 y 4 | Prádena de Atienza: Pizarras negras homogéneas | La Retuerta (8°) |
| VL-0,1 y 2 | Prádena de Atienza: Alternancia de pizarras y esquistos | paral. al A° Valdesalices (5'1°) |

Tabla II.—Localización de los puntos de truncación entre poblaciones e índices estadísticos (mediana, selección y asimetría) extraídos de las distribuciones clastométricas.

Table II.—Location of junctions points between populations, and values of statistical parameters (median, sorting and skewness), removed from grain size distribution curves.

| Muestra | Nº Segm. | Truncación | Selección | Asimetría | Mediana |
|---------|----------|-------------|------------------|-----------|---------|
| P-1 | 2 | 0,275 | moderada (1,45) | 0,9 | 1,45 |
| P-2 | 3 | 0,22-0,7 | moderada (1,37) | 0,89 | 2,55 |
| P-3 | 2 | 0,25 | moderada (1,47) | 0,73 | 3,1 |
| P-4 | 2 | 0,275 | moderada (1,46) | 1,03 | 2,3 |
| PH-1 | 3 | 0,25-0,75 | moderada (1,58) | 0,98 | 1,6 |
| PH-2 | 3 | 0,25-0,75 | moderada (1,69) | 0,95 | 1,66 |
| PH-3 | 3 | 0,25-0,75 | moderada (1,54) | 0,98 | 2,5 |
| PH-4 | 2 | 0,75 | moderada (1,74) | 1,07 | 1,85 |
| PH-5 | 3 | 0,25-0,75 | moderada (1,61) | 1,06 | 1,8 |
| EN-1 | 2 | 1,4 | moderada (1,73) | 0,85 | 1,5 |
| EN-2 | 2 | 1 | moderada (1,66) | 0,84 | 1,18 |
| EN-3 | 2 | 0,22 | moderada (1,5) | 0,94 | 0,62 |
| EN-4 | 2 | 0,265 | moderada (1,35) | 0,42 | 0,7 |
| Q-1 | 3 | 0,22-0,85 | moderada (1,58) | 0,62 | 0,7 |
| Q-2 | 4 | 0,22-0,75-2 | moderada (1,58) | 1 | 0,95 |
| Q-3 | 2 | 0,22 | pobre (1,94) | 1 | 0,85 |
| RO-1 | 2 | 0,26 | moderada (1,67) | 1,05 | 0,93 |
| RO-2 | 3 | 0,25-1 | pobre (1,98) | 1,08 | 1,6 |
| F-1 | 2 | 0,87 | moderada (1,49) | 1,04 | 1,75 |
| F-2 | 3 | 0,25-1,5 | moderada (1,6) | 1,14 | 1,05 |
| J-1 | 3 | 0,55-1,5 | moderada (1,61) | 0,78 | 1,55 |
| SO-1 | 2 | 0,16 | pobre (2,24) | 0,96 | 0,64 |
| CSP-1 | 3 | 0,24-1,8 | pobre (2,27) | 1,37 | 1,65 |
| CSP-2 | 2 | 1,9 | moderada (1,8) | 1,06 | 1,05 |
| CSP-3 | 3 | 0,25-2 | moderada (1,4) | 0,95 | 0,66 |
| MM-1 | 2 | 0,25 | pobre (2,3) | 0,92 | 1,8 |
| MM-2 | 2 | 0,9 | moderada (1,8) | 1,14 | 0,77 |
| MM-3 | 3 | 0,24-0,8 | muy pobre (3,13) | 1,32 | 1,5 |
| MM-4 | 2 | 0,23 | pobre (2,3) | 1,07 | 0,95 |
| VP-1 | 2 | 0,6 | muy pobre (3,26) | 1,12 | 1,85 |
| VP-2 | 2 | 0,55 | pobre (2,45) | 1,06 | 1,9 |
| CO-1 | 2 | 0,37 | pobre (2,37) | 0,94 | 1,22 |
| CO-2 | 2 | 0,55 | moderada (1,45) | 1,15 | 0,95 |
| U-1 | 2 | 0,65 | pobre (2,73) | 1,12 | 4 |
| U-2 | 2 | 0,55 | pobre (2,7) | 0,97 | 3,3 |
| RE-1 | 1 | — | pobre (2,52) | 0,95 | 2,2 |
| RE-3 | 2 | 0,95 | pobre (2,1) | 0,89 | 8,8 |
| RE-4 | 2 | 0,5 | pobre (2,42) | 0,99 | 1,85 |
| VL-0 | 2 | 0,87 | pobre (2) | 1 | 5,2 |
| VL-1 | 2 | 0,35 | pobre (2,41) | 1,01 | 4,8 |
| VL-2 | 1 | — | muy pobre (2,79) | 0,94 | 5,6 |

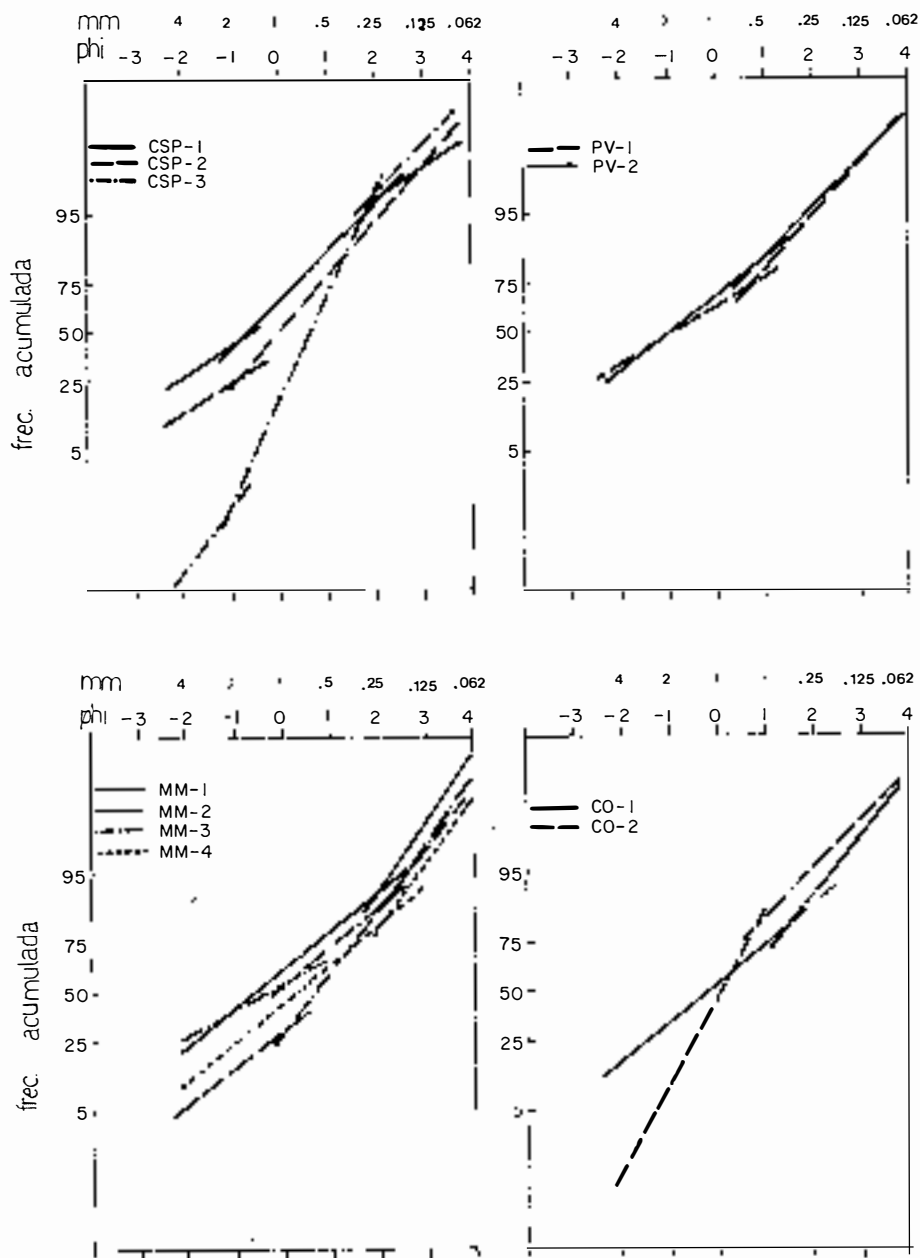


Fig. 3.—Distribución clastométrica de los depósitos de procedencia gnéissica (CSP, PV, MM y CO).

Fig. 3.—Grain size distribution of deposits of gneissic parentage (CSP, MM, PV and CO).

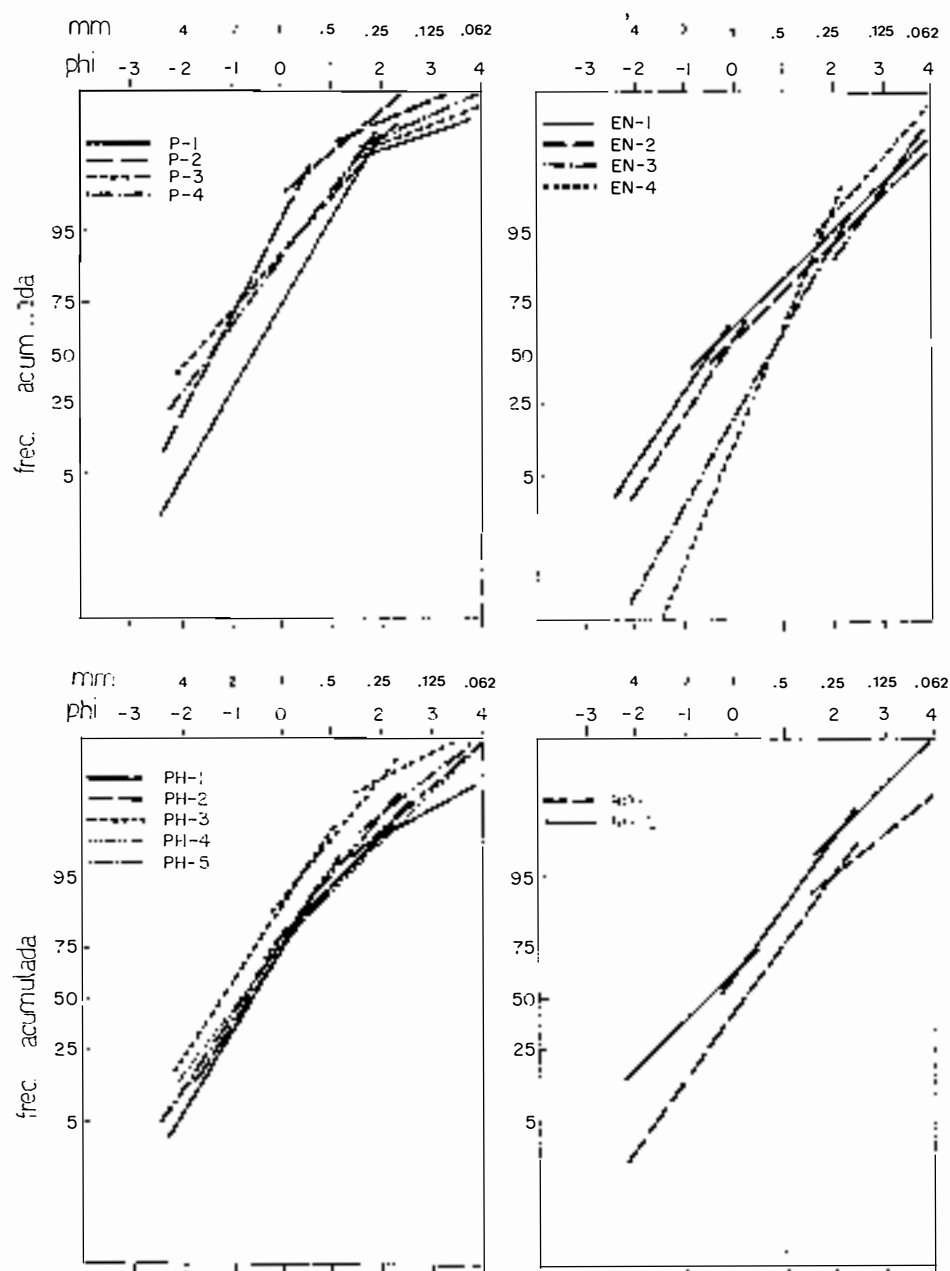


Fig. 4.—Distribución clastométrica de los depósitos de procedencia granítica (P, EN, PH y RO).

Fig. 4.—Grain size distribution of deposits of granitic parentage (P, EN, PH and RO).

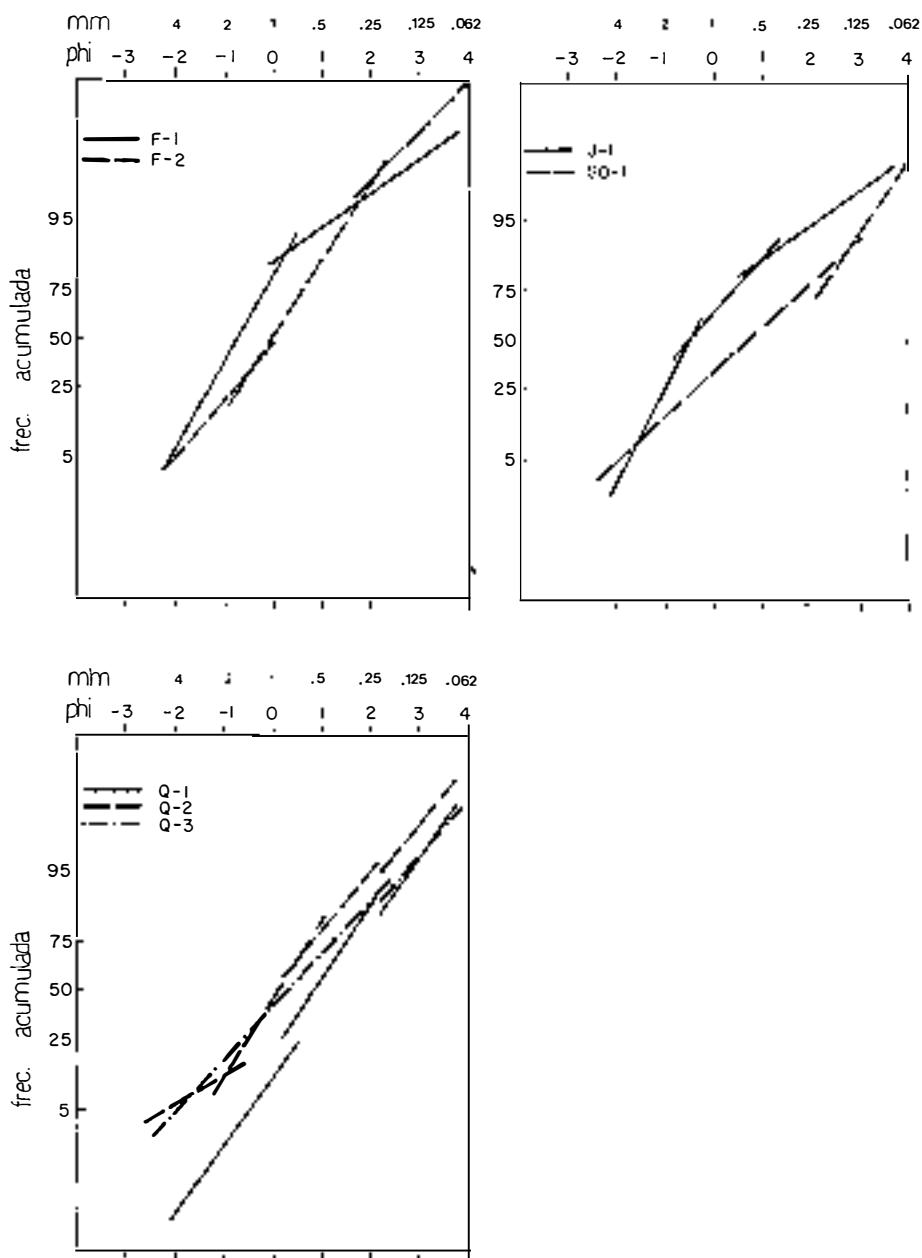


Fig. 5.—Distribución clastométrica de los depósitos de procedencia granítica (F, J, SO y Q).

Fig. 5.—Grain size distribution of deposits of granitic parentage (F, J, SO and Q).

sitos, el segmento representativo de los tamaños finos presenta menor pendiente que el segmento representativo de los tamaños gruesos (Fig. 2).

Por el contrario, las arenas de origen gnéisico (Fig. 3) presentan dos o tres segmentos separados por truncaciones en tres intervalos de tamaños diferentes (1,8 mm y 2 mm, otra entre 0,23 mm y 0,25 mm y otra entre 0,32 mm y 0,9 mm). Generalmente, la pendiente de los segmentos aumenta desde los tamaños gruesos a los tamaños finos.

En sedimentos de procedencia granítica (Figs. 4 y 5) las distribuciones clastométricas están formadas por dos, tres o cuatro segmentos, con pendientes muy variables. Uno de los puntos de truncación aparece entre 0,22 mm y 0,275 mm, separando las fracciones finas. Otra truncación que se presenta comúnmente se encuentra en el intervalo de tamaño 0,7 mm y 0,87 mm. Por último en un número pequeño de muestras aparece una truncación en las fracciones de tamaño más gruesas comprendidas entre los tamaños 1 mm y 2 mm. Frecuentemente, en las muestras con tres segmentos la pendiente mayor corresponde al segmento central, adoptando la distribución una forma en «S».

Cada uno de los segmentos que constituyen una distribución clastométrica representa una población de tamaños transportada por un mecanismo determinado (VISHER, 1969). Basándonos en las características que diversos autores dan a cada población (VISHER, 1969; MIDDLETON, 1976; FRIEDMAN & SANDERS, 1978; FRIEDMAN, 1979; VIARD & BREYER, 1979; ESCHNER & KIRCHER, 1984), hemos podido establecer los puntos de truncación que separan poblaciones transportadas por tracción, saltación y suspensión. De este modo, las truncaciones que aparecen dentro del intervalo de tamaño 0,22-0,275 mm separan las poblaciones transportadas por saltación y por suspensión; las comprendidas en el intervalo 1,5-2 mm separan las poblaciones transportadas por saltación de las transportadas por tracción. En algunas distribuciones clastométricas aparecen puntos de truncación en intervalos de tamaños distintos a los comentados. En este caso no se trata de truncaciones que separen poblaciones transportadas por distintos mecanismos sino que representan variaciones en las condiciones hidráulicas de un mismo mecanismo de transporte (VISHER, 1969; MIDDLETON, 1976).

Los sedimentos estudiados están constituidos fundamentalmente por una población transportada por saltación, dividida en algunos casos en dos subpoblaciones. Las poblaciones transportadas por suspensión y tracción están escasamente representadas. Sólo se ha encontrado población transportada en suspensión en el caso de las arenas generadas en el Cerro de San Pedro, Pedriza, Peña del Hombre, los Rosados y el Quintanar, quedando definida por los granos de tamaño inferior a 0,27 mm. Dicha población presenta peor selección que la población transportada por saltación.

El tamaño máximo de los clastos transportados en suspensión es superior al de los ambientes fluviales descritos en la bibliografía (VISHER, 1969; MIDDLETON, 1976; entre otros). Este hecho ha sido atribuido a la mayor energía del medio de transporte estudiado en este trabajo (zonas de cabecera de arroyos con altos valores de pendiente, Tabla I).

La población transportada por tracción tiene, asimismo, menor selección que la transportada por saltación. El límite inferior de dicha población varía de unos depósitos a otros. Así, en las muestras CSP (Cerro de San Pedro) y Q-2 de El Quintanar (Figs. 3 y 5) este límite se encuentra próximo al tamaño 2 mm, mientras que en F-2 del Canto del Fraile (Fig. 5) se sitúa en 1,5 mm. La alta energía del medio

de transporte vuelve a quedar reflejada al observar que, en la mayoría de los casos, incluso los clastos de tamaños entre 5,65 mm y 4 mm son transportados por saltación.

4. PARÁMETROS E ÍNDICES CLASTOMÉTRICOS

Los valores de la mediana (Md), selección (So) y asimetría (Sk) han sido calculados según los criterios de TRASK (1939) a partir de las distribuciones clastométricas (Tabla II).

El valor de la mediana, en los depósitos analizados, varía entre 8,8 mm y 0,62 mm. Las muestras procedentes de áreas fuentes pizarroso-esquistosas son las que presentan los valores más altos (8,8-1,85 mm). Por lo que se refiere a los depósitos derivados de rocas graníticas y gnéisicas, tienen medianas muy similares, si bien en los de origen granítico se observa una ligera tendencia hacia valores más altos (Tabla II).

En general, la selección en este tipo de depósitos es baja (Tabla II). Según la clasificación de FRIEDMAN y SANDERS (1978) este parámetro varía entre «moderada» ($So = 1,63$) (principalmente en depósitos de origen granítico) y «muy pobre» ($So = 2,45$) (generalmente en depósitos de origen pizarroso-esquistoso). Los sedimentos procedentes de rocas gnéisicas presentan una selección intermedia entre ambos.

La asimetría de las distribuciones clastométricas presenta valores entre 0,42 y 1,37. Las muestras de origen gnésico tienen generalmente una asimetría hacia tamaños finos (valores mayores de 1) mientras que en los depósitos de origen pizarroso-esquistoso y granítico es más frecuente la asimetría hacia tamaños gruesos (valores menores de 1) (Tabla II).

Para poder establecer las posibles diferencias entre depósitos de distinta procedencia en función de los valores de estos parámetros, se han representado en la Fig. 6 las relaciones Md/So y So/Sk.

En los sedimentos de origen gnésico la relación Md/So (Fig. 6A) tiende a ser inversa, es decir los depósitos mejor seleccionados corresponden a los de menor mediana. Por el contrario, en sedimentos de origen granítico los depósitos mejor seleccionados tienen mayor mediana. Los depósitos de origen pizarroso-esquistoso aparecen proyectados en un amplio campo del gráfico, debido a la alta dispersión de los valores de mediana. Sin embargo, los valores generalmente altos que presentan ambos parámetros permiten diferenciar estos depósitos de los comentados anteriormente.

Por lo que se refiere a la relación So/Sk (Fig. 6B) cabe destacar, en primer lugar, la separación entre depósitos de procedencia granítica y de procedencia metamórfica debido, por un lado, al elevado grado de selección de los depósitos de origen granítico y, por otro, a los valores de asimetría, generalmente hacia tamaños gruesos, de éstos depósitos. Los depósitos de procedencia metamórfica pueden asimismo diferenciarse entre sí en función de su asimetría; de este modo, los sedimentos de origen gnésico presentan valores de asimetría superiores a 1 (asimetría hacia tamaños finos), mientras que los depósitos de origen pizarroso-esquistoso presentan valores inferiores de asimetría, próximos a 1.

Resumiendo, consideramos que es posible discriminar texturalmente los depósitos detríticos generados a partir de litologías graníticas, gnéisicas y pizarroso-esquis-

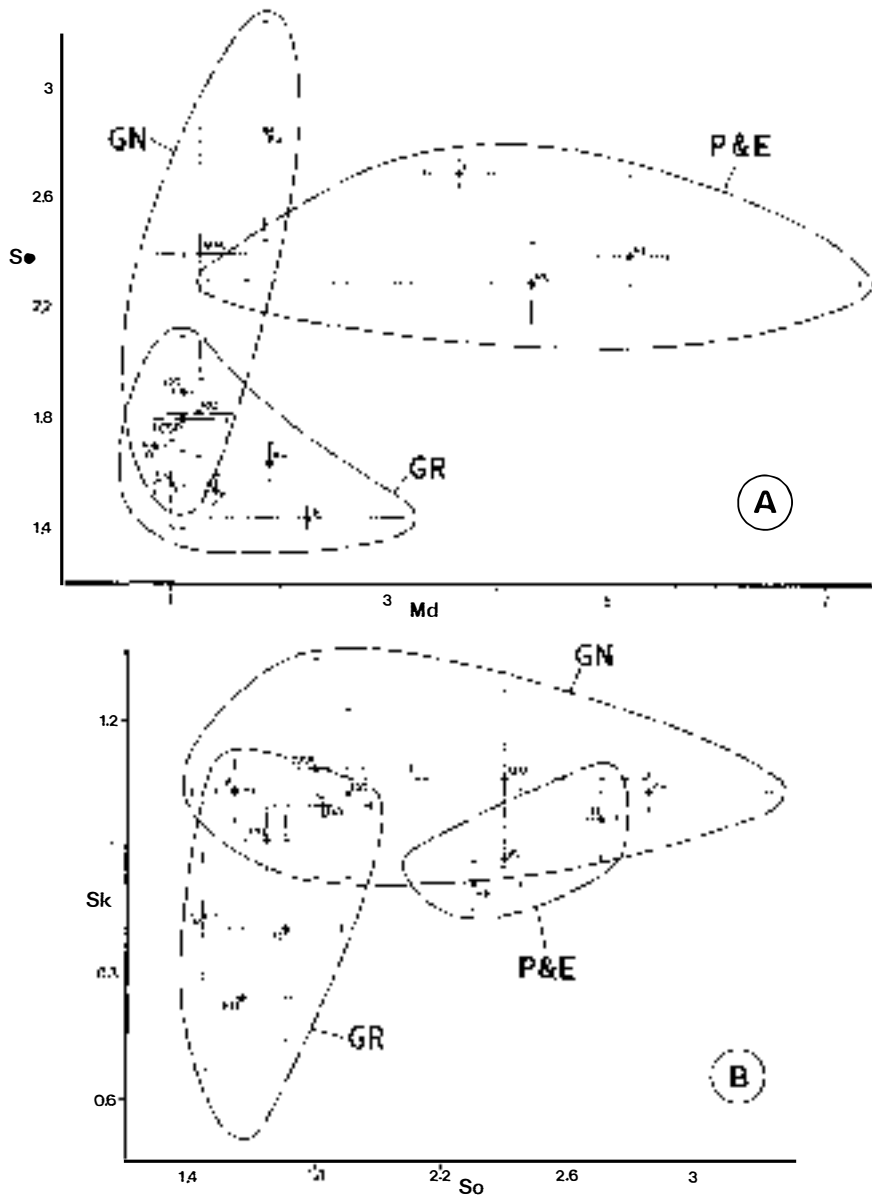


Fig. 6.—Relaciones entre los parámetros estadísticos de A) mediana (Md)/selección (So) y B) selección (So)/asimetría (Sk), extraídos de las distribuciones clastométricas de las arenas generadas en los distintos macizos metamórficos y plutónicos. Se representan los valores medios de cada macizo así como su dispersión. GR: Depósitos de procedencia granítica. GN: Depósitos de procedencia gneílica. P&E: Depósitos de procedencia pizarroso-esquistosa.

Fig. 6.—Diagram showing the ratio between some statistical parameters: A) median (Md)/sorting (So) and B) sorting (So)/skewness (Sk). Segments represent dispersion values of data in each sampled massif. GR: Deposits of granitic parentage. GN: Deposits of gneissic parentage. P&E: Deposits of slate-schistic parentage.

tosas en función de los valores de selección, mediana y asimetría obtenidos de las distribuciones clastométricas de los mismos.

5. FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS DISTRIBUCIONES CLASTOMÉTRICAS

Tal y como ya se ha mencionado en los capítulos anteriores, los factores que condicionan la morfología de las distribuciones clastométricas son el modo de alteración de la roca madre, condicionado por el ambiente climático; el medio de transporte y sedimentación y la litología del área fuente. Por lo que se refiere al modo de alteración de la roca origen, no se ha podido evaluar su incidencia en este tipo de depósitos al encontrarse el área de estudio bajo condiciones climáticas similares (clima semiárido). En estos ambientes predomina la alteración mecánica de las rocas frente a la alteración química, según los criterios de WILSON (1969). A continuación se discute la incidencia de los otros dos factores sobre las citadas distribuciones.

5.1. Medio de transporte y sedimentación

La influencia del medio de transporte y sedimentación sobre la morfología de las distribuciones clastométricas queda reflejada en el hecho de que depósitos procedentes de una misma área fuente presentan distribuciones clastométricas ligeramente diferentes (distintas pendientes y puntos de truncación entre poblaciones). Cabe destacar, en este sentido, las diferencias existentes entre las muestras recogidas en el Cerro de San Pedro (Fig. 3). La muestra CSP-3, tomada de un arroyo con escorrentía constante, baja pendiente (3°) y, por lo tanto, mayor poder selectivo, presenta mejor selección que las muestras CSP-1 y CSP-2, recogidas de un arroyo de menor entidad y mayor pendiente (9°).

Asimismo, las muestras EN-3 y EN-4 del macizo de La Enebrilla (Fig. 4) fueron recogidas en un arroyo con escorrentía permanente, mientras que las muestras EN-1 y EN-2, del mismo macizo, fueron tomadas de un arroyo con valores de pendiente similares al anterior pero con escorrentía estacional, presentando estas últimas peor selección.

Por otra parte, se han observado diferencias en las morfologías de las distribuciones en muestras recogidas en un mismo arroyo. MIDDLETON (1976) atribuye estas diferencias a las variaciones de las condiciones hidráulicas en distintos puntos del arroyo: velocidad de corriente, anchura y profundidad del cauce, etc.

Si bien en las muestras mencionadas es clara la influencia del medio de transporte y sedimentación sobre la morfología de sus distribuciones clastométricas, existen otros casos en los que no se observa su influencia. En este sentido, la muestra MM-4, del macizo de la Mujer Muerta, recogida de un arroyo con escorrentía constante y baja pendiente (6°) presenta una distribución con una morfología similar a la de las muestras MM-1, 2 y 3 del mismo macizo, tomadas estas últimas en un arroyo con mayor pendiente (13°) y escorrentía estacional (Fig. 3). Por todo ello hay que señalar que la influencia del medio de transporte y sedimentación no es determinante de la distribución clastométrica en este tipo de depósitos.

5.2. *Litología del área fuente*

En apartados anteriores hemos comentado ya la acusada influencia de este factor sobre la morfología de las distribuciones clastométricas de este tipo de depósitos, al ser posible la discriminación entre los depósitos en función de la litología del área de procedencia mediante parámetros estadísticos obtenidos a partir de dichas distribuciones.

Este factor va a afectar de forma decisiva al grado de selección de los depósitos detríticos. Así, la baja selección de los depósitos de origen gnéisico se relaciona con la heterogeneidad de los tamaños de los componentes (glándulas, blastos y matriz) del material de partida. Del mismo modo, la selección moderada de los depósitos de origen granítico se puede atribuir, en parte, a que el área fuente está constituida por rocas granudas de tamaño cristalino homogéneo.

Los depósitos derivados de áreas fuentes pizarroso-esquistosas poseen, asimismo, una baja selección (Tabla II). Si bien estos depósitos proceden de litologías con alto grado de homogeneidad en cuanto al tamaño de sus componentes, sus productos de erosión son clastos poliminerales cuyos constituyentes son de tamaño fino. No existe, por lo tanto, una clara incidencia de la homogeneidad del tamaño cristalino de la roca origen sobre las distribuciones clastométricas en estos depósitos. Consideramos que el factor fundamental que condiciona sus distribuciones clastométricas es el modo de alteración mecánica de la roca madre, controlada por aspectos estructurales de la propia roca (foliación, esquistosidad, diaclasado, etc.). Dichos aspectos estructurales son los que provocan un aumento en el valor de la mediana, llegando a formar depósitos constituidos por un 47% de clastos de tamaños entre 5,65 mm y 4 mm.

Resumiendo, la litología del área fuente va a condicionar la rotura mecánica de la roca, así las litologías granudas (granitos y gnéis) se disgregarán por las uniones intercristalinas generando depósitos constituidos fundamentalmente por clastos monominerales. Dependiendo de la homogeneidad del tamaño cristalino de la roca origen los depósitos generados tendrán una selección «heredada» determinada. Por el contrario, los planos de debilidad de rocas pizarroso-esquistosas están relacionados con aspectos estructurales, no influyendo en este caso las uniones intercristalinas, generándose depósitos con elevada mediana formados por clastos poliminerales, sin que en ellos se refleje el grado de homogeneidad del tamaño cristalino de la roca de procedencia.

6. CONCLUSIONES

Se han caracterizado mediante las distribuciones clastométricas los depósitos de zonas de cabecera de arroyos que drenan litologías únicas (graníticas, gnéisicas o pizarroso-esquistosas) del Sistema Central. La fracción analizada ha sido la comprendida en el intervalo de tamaños 5,65-0,062 mm.

Estos sedimentos están constituidos, fundamentalmente, por una población de clastos transportada por saltación, comprendida dentro del intervalo de tamaños 0,27-1,5 mm. En ocasiones dicha población va acompañada por otras transportadas en suspensión y tracción, escasamente representadas.

Los sedimentos de procedencia granítica poseen una mediana de 1,49 mm, una selección «moderada» ($S_o = 1,63$) y una asimetría hacia tamaños gruesos ($S_k =$

0,92). Los depósitos de origen gnéisico poseen una mediana baja ($Md = 1,3$ mm), selección «pobre» ($So = 2,23$) y asimetría hacia tamaños finos ($Sk = 1,1$). Por último, los depósitos de origen pizarroso-esquistoso tienen una mediana alta ($Md = 4,47$), selección «muy pobre» ($So = 2,45$) y asimetría hacia tamaños gruesos ($Sk = 0,98$).

Mediante gráficos binarios que relacionan estos parámetros estadísticos entre sí (Md/So y So/Sk) se han podido discriminar texturalmente estos depósitos en función de la litología de la roca original.

El medio de transporte y sedimentación no condiciona de una manera determinante las distribuciones clastométricas de este tipo de depósitos. Consideramos que este hecho es debido a que dichos depósitos corresponden a zonas de cabecera de arroyo; generados, por lo tanto, bajo condiciones de corto periodo de transporte, de tal forma que el medio de transporte y sedimentación no ha tenido tiempo de marcar su influencia.

El grado de selección de estos depósitos está relacionado con la litología del área fuente y su modo de erosión. La baja selección de los depósitos de origen gnéisico se debe a la heterogeneidad del tamaño cristalino de las rocas de las que proceden. La selección moderada de los sedimentos de origen granítico es debida a la homogeneidad de tamaños cristalinos en estas litologías. Por otro lado, la mala selección de los depósitos procedentes de rocas pizarroso-esquistosas está controlada por aspectos estructurales de la roca (esquistosidad, diaclasado, foliación).

Por último, y en resumen los factores que influyen sobre las distribuciones clastométricas de los depósitos de zonas de cabecera de arroyo son el grado de homogeneidad/heterogeneidad de los tamaños cristalinos de la roca original (fundamentalmente en rocas graníticas y gnéisicas), los aspectos relacionados con la estructura de la misma (en pizarras y esquistos) y, de forma menos decisiva por las condiciones de transporte y sedimentación.

Por lo comentado anteriormente, las características clastométricas de cada uno de los sedimentos descritos (de origen granítico, gnéisico y pizarroso-esquistoso) pueden ser utilizadas como referencia para análisis de procedencia de depósitos antiguos que se hayan generado en condiciones de corto periodo de transporte, alto relieve y en ambientes climáticos predominantemente semiáridos.

Recibido el día 5 de octubre de 1988

Aceptado el día 9 de marzo de 1989

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVARO, M., BELLIDO, F., CAPOTE, R., CASQUET, C., FUSTER, M.J., FERNÁNDEZ CASALS, J.M., GONZÁLEZ, F., NAVIDAD, M., PEINADO, M. & VILLASECA, C.

1981. «Excursión sobre el metamorfismo y estructura de las series preordovícicas del Sistema Central español y plutonismo asociado». *Cuad. Geol. Ibér.* 7: 53-97.

APARICIO, A.

1983. «Caracterización de los granitoides hercínicos del sector centro-oriental del Sistema Central español». *Estud. Geol.*, 39: 271-306.

APARICIO, A. & GALÁN, E.

1980. «Las características del metamorfismo hercínico de bajo y muy bajo grado en el sector oriental del Sistema Central (provincia de Guadalajara)». *Estud. Geol.*, 36: 75-84.

Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.), 85 (1-4), 1990.

- CAPOTE, R. & FERNÁNDEZ CASALS, M.J.
1975. «Las series anteordovícicas del Sistema Central». *Bol. Geol. Min.*, **86**: 581-596.
- CASADO, L.G., DE NICOLÁS, J.P. & MOSQUERA, M.T.
1980. «Atlas climatológico básico de la subregión de Madrid». MOPU. COPLACO: 113 p.
- CASILLAS, R. & PEINADO, M.
1987. «Secuencias graníticas en el área de San Martín de Valdeiglesias (Sistema Central español)». In «*Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico*». Libro homenaje a L.C. García de Figuerola. Ed. Rueda: 281-292.
- DOEGLAS, D.J.
1946. «Interpretation of results of mechanical analyses». *J. Sediment. Petrol.*, **16**: 19-40.
- ESCHNER, T.R. & KIRCHER, E.K.
1984. «Interpretation of grain size distributions from measured sediment data, Platte River, Nebraska». *Sedimentol.*, **31**: 569-574.
- FERNÁNDEZ CASALS, M.J. & CAPOTE, R.
1971. «Los gneises glandulares del Guadarrama oriental». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, **69**: 69-80.
- FRIEDMAN, G.M.
1979. «Address of the retiring president of the international association of the sedimentologists: differences in the distributions of populations of particles among sands of various origins». *Sedimentol.*, **26**: 3-32.
- FRIEDMAN, G.M. & SANDERS, J.E.
1978. «*Principles of Sedimentology*». John Wiley & Sons New York: 729 p.
- IGME
1959. *Mapa geológico a escala 1:50.000, n.º 509, Torrelaguna*. Madrid.
1981. *Mapa geológico a escala 1:50.000, n.º 460, Hiendelaencina*. Madrid.
1982. *Mapa geológico a escala 1:50.000, n.º 433, Atienza*. Madrid.
- INMAN, D.L.
1949. «Sorting of sediment in light of fluvial mechanics». *J. Sediment. Petrol.*, **19**: 51-70.
- LÓPEZ RUIZ, J., APARICIO, A. & GARCÍA CACHO, L.
1975. «El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama». *Mem. Inst. Geol. Min. Esp.* 86 p.
- MIDDLETON, G.V.
1976. «Hydraulic interpretation of sand size distribution». *J. Geol.*, **84**: 405-426.
- NAVIDAD, M. & PEINADO, M.
1981. «Ortogneis y metasedimentos de la formación infrabasal al Olló de Sapo (macizo de Hiendelaencina, Guadarrama oriental)». *Cuad. Geol. Ibér.*, **7**: 183-199.
- OCHOA RUIZ DE ZUAZO, G.
1962. «Datos preliminares sobre el macizo metamórfico de San Pedro». *Rev. R. Acad. Cien. Exactas Fis. Nat.*, **LVI** (2º): 443-457.
- TORNOS, F.
1981. «*Petrología de las rocas metamórficas del alto valle del Lozoya (Sistema Central Español)*». Tesis de Licenciatura. Universidad Complutense de Madrid: 129 p. (inérita).
- TRASK, P.D. ed.
1939. «*Recent marine sediments*». American Association of Petroleum Geologists. Tulsa, Oklahoma: 736 p.
- VIARD, J.P. & BREYER, J.A.
1979. «Description and hydraulic interpretation of grain size accumulative curves from the Platte River system». *Sedimentol.*, **26**: 427-439.
- VILLASECA, C.
1984. «*Evolución metamórfica del sector centro septentrional de la Sierra de Guadarrama*». Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid: 331 p. (inérita).
- VISHER, G.S.
1969. «Grain size distributions and depositional processes». *J. Sediment. Petrol.*, **39**: 1074-1106.
- WILSON, L.
1969. «Les relations entre les processus geomorphologiques et le climat moderne comme méthode de paléoclimatologie». *Rev. Géogr. Phys. Geol. Dyn.*, **11**: 303-314.